

BEST AVAILABLE COPY

POWERED BY Dialog

OBLIQUE PROJECTION OPTICAL SYSTEM**Publication Number:** 10-282451 (JP 10282451 A) , October 23, 1998**Inventors:**

- OSAWA SATOSHI

Applicants

- MINOLTA CO LTD (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

Application Number: 09-086264 (JP 9786264) , April 04, 1997**International Class (IPC Edition 6):**

- G02B-027/18
- G02B-013/08

JAPIO Class:

- 29.2 (PRECISION INSTRUMENTS--- Optical Equipment)

JAPIO Keywords:

- R011 (LIQUID CRYSTALS)
- R098 (ELECTRONIC MATERIALS--- Charge Transfer Elements, CCD & BBD)

Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an oblique projection optical system having a large angle of view, high magnification and a sufficient oblique projection angle and capable of being made compact by shortening a lens diameter and the entire length of a lens group by making the absolute value of an angle formed by a primary image surface with a secondary image surface satisfy a specified conditional expression range.

SOLUTION: The image light of the secondary image surface (image surface) 2 is obliquely enlarged and projected to the primary image surface (object surface) 1 by a projection lens group 3a. A light beam forming a larger angle to the normal direction of an enlargement side image surface out of the light beams emitted from the enlargement side image surface on the eccentric plane of the lens group 3a passes through longer distance in a lens medium nearest to a reduction side. The absolute value $|\theta_i - \theta_0|$ of the angle formed by the primary image surface 1 with the secondary image surface 2 satisfy the conditional expression range $|\theta_i - \theta_0| < 10 \text{ deg.}$. Thus, the entire length of the lens group 3a is made compact.

JAPIO

© 2005 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.
Dialog® File Number 347 Accession Number 5999351

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-282451

(43)公開日 平成10年(1998)10月23日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 2 B 27/18
13/08

G 0 2 B 27/18
13/08

Z

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願平9-86264

(22)出願日 平成9年(1997)4月4日

(71)出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72)発明者 大澤 聡

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

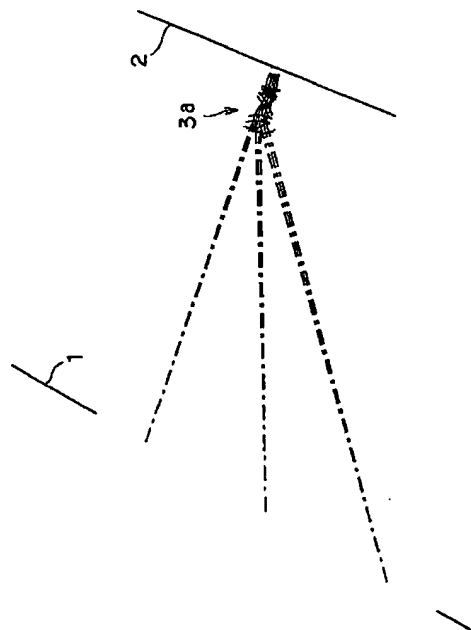
(74)代理人 弁理士 佐野 静夫

(54)【発明の名称】 斜め投影光学系

(57)【要約】

【課題】高画角、高倍率で斜め投影角度が充分であり、しかもレンズ径やレンズ群の全長を短くしてコンパクト化を達成した斜め投影光学系を提供する。

【解決手段】投影レンズ系を構成するレンズ群が互いに偏心して配置されており、中間実像を結像しない斜め投影光学系であって、絞りの縮小側に隣接して負レンズが配置され、その負レンズより縮小側に1つ以上の正レンズが配置され、最も縮小側にあるレンズにおいて、前後両面とも縮小側に向かって凹面であり、前記拡大側像面から射出する光線の内、その拡大側像面の法線方向に対して、より大きい角度を成す光線が、前記最も縮小側にあるレンズ媒質中の、より長い道のりを通過するように構成した斜め投影光学系において、1次像面と2次像面のなす角度の絶対値 $|\theta_1 - \theta_2| < 10^\circ$ を満足する構成とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 1次像を2次像に拡大或いは縮小して投影する投影レンズ系を有し、該投影レンズ系は、少なくとも2つのレンズ群より構成されており、該レンズ群は、互いに偏心して配置されており、縮小側像面から拡大側像面まで中間実像を結像しない斜め投影光学系であって、

絞りより縮小側に、該絞りに隣接して負レンズが配置され、該負レンズより縮小側に少なくとも1つ以上の正レンズが配置され、最も縮小側にあるレンズにおいて、前後両面とも縮小側に向かって凹面であり、前記レンズ群の偏心している平面内で、前記拡大側像面から射出する光線の内、該拡大側像面の法線方向に対して、より大きい角度を成す光線が、前記最も縮小側にあるレンズ媒質中の、より長い道のりを通過するように構成した斜め投影光学系において、以下の条件式範囲を満足する事の特徴とする斜め投影光学系、

$$|\theta_1 - \theta_2| < 10^\circ$$

但し、

$$|\theta_1 - \theta_2| : 1次像面と2次像面のなす角度の絶対値$$

である。

【請求項2】 前記投影レンズ系において、最も拡大側にあるレンズは、前後両面とも拡大側に向かって凸面であり、その拡大側の面の曲率半径が縮小側の面の曲率半径より大きく、前記レンズ群の偏心している平面内で、前記拡大側像面から射出する光線の内、該拡大側像面の法線方向に対して、より大きい角度を成す光線が、前記最も拡大側にあるレンズ媒質中の、より長い道のりを通過する事の特徴とする請求項1に記載の斜め投影光学系。

【請求項3】 前記投影レンズ系において、最も拡大側にあるレンズの媒質が、以下の条件式範囲を満足する事の特徴とする請求項1又は請求項2に記載の斜め投影光学系、

$$Nf < 1.70$$

$$\nu f > 50$$

但し、

Nf : レンズの媒質のd線屈折率

νf : レンズの媒質の分散

である。

【請求項4】 前記投影レンズ系において、前記絞りより縮小側で該絞りに隣接する前記負レンズの媒質が、以下の条件式範囲を満足する事の特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の斜め投影光学系、

$$Nb > 1.65$$

$$\nu n < 35$$

但し、

Nb : 負レンズの媒質のd線屈折率

νb : 負レンズの媒質の分散

である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、画像投影装置や画像読み取り装置に使用される、1次像を斜め方向から2次像に拡大或いは縮小して投影する投影光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、液晶ディスプレイ等に表示された画像をスクリーンに拡大投影する投影装置において、スクリーンの大型化を図りながら投影装置全体をコンパクトにする目的で、画像を斜め方向からスクリーンに投影する装置が種々提案されている。これらの斜め投影光学装置によれば、投影光学系をスクリーンから外して配置する事ができるので、スクリーン観察者の視野を妨げないという利点も備えている。

【0003】 但し、画像を斜め方向からスクリーンにただ投影するだけでは、投影画像にいわゆる台形歪が生じてしまうので、この台形歪を補正するための投影光学系も種々提案されている。例えば、特開平5-119283号公報や特開平5-134213号公報では、投影光学系を偏心させる事により、台形歪を補正している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来より提案されている投影光学系では、コンパクト化や高性能化の点で十分な満足が得られなかった。本発明は、高画角、高倍率で斜め投影角度が充分であり、しかもレンズ径やレンズ群の全長を短くしてコンパクト化を達成した斜め投影光学系を提供する事を目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、本発明では、1次像を2次像に拡大或いは縮小して投影する投影レンズ系を有し、その投影レンズ系は、少なくとも2つのレンズ群より構成されており、そのレンズ群は、互いに偏心して配置されており、縮小側像面から拡大側像面まで中間実像を結像しない斜め投影光学系であって、絞りより縮小側に、その絞りに隣接して負レンズが配置され、その負レンズより縮小側に少なくとも1つ以上の正レンズが配置され、最も縮小側にあるレンズにおいて、前後両面とも縮小側に向かって凹面であり、前記レンズ群の偏心している平面内で、前記拡大側像面から射出する光線の内、その拡大側像面の法線方向に対して、より大きい角度を成す光線が、前記最も縮小側にあるレンズ媒質中の、より長い道のりを通過するように構成した斜め投影光学系において、以下の条件式範囲を満足する構成とする。

$$|\theta_1 - \theta_2| < 10^\circ$$

但し、

$$|\theta_1 - \theta_2| : 1次像面と2次像面のなす角度の絶対値$$

である。

【0006】また、前記投影レンズ系において、最も拡大側にあるレンズは、前後両面とも拡大側に向かって凸面であり、その拡大側の面の曲率半径が縮小側の面の曲率半径より大きく、前記レンズ群の偏心している平面内で、前記拡大側像面から射出する光線の内、その拡大側像面の法線方向に対して、より大きい角度を成す光線が、前記最も拡大側にあるレンズ媒質中の、より長い道のりを通過する構成とする。

【0007】さらに、前記投影レンズ系において、最も拡大側にあるレンズの媒質が、以下の条件式範囲を満足する構成とする。

$$Nf < 1.70$$

$$vf > 50$$

但し、

Nf : レンズの媒質の d 線屈折率

vf : レンズの媒質の分散

である。

【0008】そして、前記投影レンズ系において、前記絞りより縮小側でその絞りに隣接する前記負レンズの媒質が、以下の条件式範囲を満足する構成とする。

$$Nb > 1.65$$

$$vn < 35$$

但し、

Nb : 負レンズの媒質の d 線屈折率

vn : 負レンズの媒質の分散

である。

【0009】

$$|\theta_1 - \theta_0| < 10^\circ$$

この式において、 $|\theta_1 - \theta_0|$ は 1 次像面と 2 次像面のなす角度の絶対値である。この条件式の範囲を外れると、斜め投影により発生する台形歪量が増大するので、それを補正するためにレンズ群の偏心量を増大させなければならず、それにより各レンズ群に入射する光線角度

$$|\theta_1 - \theta_0| < 7^\circ$$

この条件式の範囲を満たせば、1 次像面と 2 次像面の角度差によって生じるアナモ比を小さくできるので、投影レンズとしてより有利になり、また、レンズ群の偏心量をより少なくする事ができ、各レンズ群における収差補正が容易になるため、各レンズ群を構成するために必要なレンズの枚数を少なくする事ができ、よりコンパクトで安価にレンズ群を構成する事が可能となる。

【0014】また、構成されるレンズエレメントの少なくとも 1 つは拡大側に対して回転偏心している事が望ましい。一般的に、非対称な像面湾曲を発生させる能力は、平行偏心より回転偏心の方が大きいので、斜め投影によって発生する非対称な像面湾曲を、回転偏心によれば微小な回転で補正できるのに対して、拡大側像面に平行に偏心させる事で補正する場合、非常に大きく平行偏心したレンズが必要となるため、レンズや鏡胴の製造が

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。本発明では、1 次像を斜め方向から 2 次像に拡大或いは縮小して投影する投影光学系において、互いに偏心した 2 つ以上のレンズ群を備えるとともに、1 次像面から 2 次像面まで中間実像を結像しない構成とする事により、レンズ群全長をコンパクトにする事を可能にしている。

【0010】また、絞りより縮小側に、絞りに隣接して負レンズが配置され、その負レンズより縮小側に少なくとも 1 つ以上の正レンズが配置される事が望ましい。この構成をとる事で、レンズバックが長くとれ、且つ、テレセントリックに近くなるため、LCD (liquid crystal display) や CCD (charge coupled device) 等の入出力素子に適合しやすくなる。

【0011】また、最も縮小像面側にあるレンズにおいて、前後両面とも縮小側に向かって凹面であり、レンズ群の偏心している平面内で拡大側像面から射出する光線の内、その拡大側像面の法線方向に対して、より大きい角度を成す光線が、より長い道のりのレンズ媒質中を通過するように偏心した構成をとる、即ち、偏心によるプリズムのような働きを持たせる事で、偏心によって発生する像面湾曲を補正する事ができる。さらに最も縮小像面側にあるレンズにおいて、全体としては正のパワーを持つ事が望ましく、正のパワーを持つ事で縮小側においてよりテレセントリックに近い構成をとる事ができ、LCD や CCD 等の入出力素子に適合しやすくなる。

【0012】また、以下の条件式を満たす事が望ましい。

$$(1)$$

が大きくなるため、他の収差 (コマ収差等) の補正が困難となる。

【0013】さらに、以下の条件式を満たす事がより望ましい。

$$(2)$$

難しくなって、コストアップとなる。

【0015】また、最も拡大側にあるレンズは、前後両面とも拡大側に向かって凸面であり、その拡大側の面の曲率半径が縮小側の面の曲率半径より大きく、レンズ群の偏心している平面内で、拡大側像面から射出する光線の内、その拡大側像面の法線方向に対して、より大きい角度を成す光線が、より長い道のりのレンズ媒質中を通過するように偏心した構成をとる事で、全体としては負のパワーを持つため、以下に続くレンズへの入射角度を小さくする事ができ、収差補正が容易になるとともに、レトロフォーカスなパワー配置となってレンズバックを長くとる事が可能となる。

【0016】そして、偏心によってプリズムのような働きを併せ持たせる事で、光線が縮小側像面に対して垂直に近づくように曲げる事により、縮小側像面に当たる光

線をより垂直に近づける事ができるので、LCDやCCDがより使用しやすくなる。さらに、最も拡大側にあるレンズには、非球面を用いる事がより望ましく、これにより、レンズ周辺を通過する光線に発生する像面湾曲と

$$Nf < 1.70$$

$$vf > 50$$

但し、

Nf：レンズの媒質のd線屈折率

vf：レンズの媒質の分散

である。最も拡大側にあるレンズは、負レンズの役割を持ち、軸から離れた所を光線が通過するので、式(4)

$$Nb > 1.65$$

$$vn < 35$$

但し、

Nb：負レンズの媒質のd線屈折率

vb：負レンズの媒質の分散

である。式(5)の条件を外れると、負レンズに必要なパワーを得るための曲率が強くなりすぎるため、球面収差に対応する縦収差と軸外のコマ収差補正が困難になり、式(6)の条件を外れると、縮小像面側に続く正レンズで発生する色収差を補正する事が困難になる。

【0019】また、レンズの各面を、球面又は回転対称軸を持つ非球面、或いは球面又は回転対称軸を持つ非球面の一部から構成する事が望ましい。このような構成をとる事で、レンズの製造時に回転加工によりレンズ面を形成する事ができるため、優れた量産性と低コストを実現する事ができる。

【0020】《第1の実施形態》上記のような条件を満たしたより具体的な実施の形態を以下に示す。図1は、本発明の第1の実施形態の光学系を示す模式図である。同図に示すように、2次像面(像面)2の画像光は、投影レンズ群3aによって、1次像面(物体面)1に斜めに拡大投影される。この場合、逆方向に縮小投影されると考えても良い。図2は、投影レンズ群3a周辺の光路

〈物面OBJ〉(1次像面1)

中心位置…X0=-1160

Y0=0.00000

Z0=0.00000

回転角…θ0=30

エリアサイズ…Ymax=400, Ymin=-400

Zmax=400, Zmin=-400

〈像面IMG〉(2次像面2)

中心位置…XI=99.1377

YI=-55.4967

ZI=0.00000

回転角…θI=21.8812

【0024】

〈grp1_1〉

第1面面頂点…X1_1=-59.7486

Y1_1=51.2852

コマ収差を偏心により補正する事が容易となる。

【0017】また、最も拡大側にあるレンズの媒質が、以下の条件を満たす事が望ましい。

$$(3)$$

$$(4)$$

の条件を外れると、このレンズで発生する倍率色収差を他のレンズで補正する事が困難になり、式(3)の条件を外れると、像面湾曲補正が困難になる。

【0018】さらに、絞りより縮小側に絞りに隣接する負レンズの媒質が、以下の条件を満たす事が望ましい。

$$(5)$$

$$(6)$$

をX-Y面で描いた光路図である。

【0021】投影レンズ群3aは、図3に示すように、拡大側より、2面とも拡大側に凸の形状であり、拡大側の曲率半径が縮小側の曲率半径より大きく、互いに偏心した軸対称非球面からなる第1レンズ群(grp1)、1枚の片面非球面の正レンズからなる第2レンズ群(grp2)、1枚の片面非球面の正レンズからなる第3レンズ群(grp3)、絞り(g r p s)、1枚の片面非球面の負レンズからなる第4レンズ群(grp4)、1枚の正レンズからなる第5レンズ群(grp5)、1枚の正レンズからなる第6レンズ群(grp6)、1枚の両面非球面の正レンズからなる第7レンズ群(grp7)より構成されている。

【0022】また、光学系の構成要素の位置関係は、紙面に平行で互いに直角をなすX軸、Y軸及び紙面に垂直なZ軸が示す3次元座標により表される。尚、同図のm記号群は、各レンズの曲面を表している。また、回転角は時計回りを正とし、特にレンズの場合は第1面の面頂点を中心として回転している。これらの具体的なコンストラクションデータを以下に示す。

【0023】

Z1_1=0.00000
 回転角... $\theta 1_1=25.7746$
 (曲面の記号) (曲率半径 c r) (面間隔 t) (d 線屈折率 N d) (分散 ν d)
 m 1 __ 1 399.481
 0.00000 1.48749 70.4400
【0025】
 (g r p 1 __ 2)
 第1面頂点... X1_2=-54.1053
 Y1_2=61.4611
 Z1_2=0.00000
 回転角... $\theta 1_2=25.6877$
 (曲面の記号) (曲率半径 c r) (面間隔 t) (d 線屈折率 N d) (分散 ν d)
 m 1 __ 2 47.7885
 0.00000 1.00000
【0026】
 (g r p 2)
 第1面頂点... X2=-37.5566
 Y2=22.9885
 Z2=0.00000
 回転角... $\theta 2=6.00492$
 (曲面の記号) (曲率半径 c r) (面間隔 t) (d 線屈折率 N d) (分散 ν d)
 m 2 __ 1 -158.305
 16.6567 1.84666 23.8200
 m 2 __ 2 -73.7782
 0.00000 1.00000
【0027】
 (g r p 3)
 第1面頂点... X3=13.0631
 Y3=16.3008
 Z3=0.00000
 回転角... $\theta 3=57.8801$
 (曲面の記号) (曲率半径 c r) (面間隔 t) (d 線屈折率 N d) (分散 ν d)
 m 3 __ 1 -198.734
 11.2111 1.74950 50.0000
 m 3 __ 2 -177.440
 0.00000 1.00000
【0028】
 (g r p s) (絞り a p r)
 中心位置... XS=23
 YS=0.00000
 ZS=0.00000
 回転角... $\theta S=0.00000$
 (曲面の記号) (曲率半径 c r) (面間隔 t) (d 線屈折率 N d) (絞り半径)
 (絞り a p r) ∞ 8.74961
 0.00000 1.00000
【0029】
 (g r p 4)
 第1面頂点... X4=27.2377
 Y4=-2.29788
 Z4=0.00000

回転角... $\theta 4=20.9200$
 [(曲面の記号) [(曲率半径 c r) [(面間隔 t) [(d線屈折率Nd) [(分散 v d)
 m 4__1 -28.7924
 3.68200 1.79504 28.4000
 m 4__2 429.261
 2.00000 1.00000

【0030】

<g r p 5>
 第1面頂点...X5=33.0144
 Y5=-4.91204
 Z5=0.00000
 回転角... $\theta 5=24.0712$
 [(曲面の記号) [(曲率半径 c r) [(面間隔 t) [(d線屈折率Nd) [(分散 v d)
 m 5__1 -74.5811
 4.38758 1.48749 70.4400
 m 5__2 -28.6282
 0.00000 1.00000

【0031】

<g r p 6>
 第1面頂点...X6=38.1066
 Y6=-5.48701
 Z6=0.00000
 回転角... $\theta 6=18.9532$
 [(曲面の記号) [(曲率半径 c r) [(面間隔 t) [(d線屈折率Nd) [(分散 v d)
 m 6__1 -6204.22
 7.20000 1.51821 65.1600
 m 6__2 -24.2770
 0.00000 1.00000

【0032】

<g r p 7>
 第1面頂点...X7=49.0423
 Y7=7.04436
 Z7=0.00000
 回転角... $\theta 7=19.7831$
 [(曲面の記号) [(曲率半径 c r) [(面間隔 t) [(d線屈折率Nd) [(分散 v d)
 m 7__1 48.2372
 7.02884 1.74950 50.0000
 m 7__2 64.9145
 0.00000 1.00000

【0033】

〔面係数〕
 a4 a6 a8 a10
 非球面m 1__1 1.62665E-06 -2.56008E-10 -1.88562E-15 1.09405E-17
 非球面m 1__2 8.49078E-08 -4.35520E-10 4.88129E-13 -1.70444E-16
 非球面m 2__1 -1.70323E-06 3.16992E-10 -1.66917E-13 9.56467E-17
 非球面m 3__1 -6.36014E-08 8.37176E-11 -4.92968E-14 1.48230E-17
 非球面m 4__1 -1.34575E-05 -1.31158E-08 -1.33412E-10 -7.70981E-14
 非球面m 7__1 -1.09605E-06 2.43506E-10 -6.81077E-13 -2.46167E-16
 非球面m 7__2 -1.28095E-06 3.89689E-10 -1.11860E-12 9.00515E-17

【0034】上記コンストラクションデータより、1次 像面と2次像面のなす角度の絶対値は、

$$|\theta_1 - \theta_0| = 8.11$$

であり、上記条件式(1)を満たしている事が分かる。

また、

$$Nf = 1.487, \nu f = 70.44$$

$$Nb = 1.795, \nu n = 28.40$$

$$x = f(y, z) = cr^2 / \{1 + (1 - \varepsilon c^2 r^2)^{1/2} + a_4 r^4 + a_6 r^6 + a_8 r^8 + a_{10} r^{10}\}$$

(7)

【0036】この式において、

$$r = (y^2 + z^2)^{1/2}$$

ε : 2次曲面パラメータ(本発明においては全ての実施形態について1.0)

c : 曲率(曲率半径 cr の逆数)

a : 非球面の面係数

である。コンストラクションデータに示された面係数をこの式に代入する事により、軸対称非球面が得られる。

【0037】図4は、本実施形態の光学系により得られる各評価ポイントでの d , g , c 線のスポットダイアグラムである。図5は、同じく歪曲図であって、同図の実線はアナモ比を考慮した理想像位置であり、破線は実際の光線位置である。これらの図によると、点像の分布のばらつきも少なく、また、概ね理想に近い形状で投影される事が示されており、実用性は充分である事が分かる。

【0038】《第2の実施形態》図6は、本発明の第2の実施形態の光学系の内、投影レンズ群3b周辺の光路をX-Y面で描いた光路図である。同図に示すように、2次像面(像面)2の画像光は、投影レンズ群3bによって、図示しない1次像面(物面)1に斜めに拡大投影される。この場合、逆方向に縮小投影されたと考えても

〈物面OBJ〉(1次像面1)

中心位置...X0=-1160

Y0=0.00000

Z0=0.00000

回転角... $\theta_0=30$

エリアサイズ...Ymax=400, Ymin=-400

Zmax=400, Zmin=-400

〈像面IMG〉(2次像面2)

中心位置...XI=84.0146

YI=-30.9784

ZI=0.00000

回転角... $\theta_I=35.7660$

【0042】

〈grp1_1〉

第1面面頂点...X1_1=-103.479

Y1_1=59.7904

Z1_1=0.00000

回転角... $\theta_{1_1}=19.2058$

〔曲面の記号〕〔曲率半径 cr 〕〔面間隔 t 〕〔 d 線屈折率 Nd 〕〔分散 νd 〕

m1_1 162.318

であり、上記条件式(3)~(6)を満たしている事が分かる。さらに、アナモ比は0.897である。尚、上述の非球面を表す式を以下に示す。

【0035】

良い。

【0039】投影レンズ群3bは、図7に示すように、拡大側より、レンズが2面とも拡大側に凸の形状であり、拡大側の曲率半径が縮小側の曲率半径より大きく、互いに偏心した軸対称非球面からなる第1レンズ群($grp1$)、1枚の片面非球面の正レンズからなる第2レンズ群($grp2$)、1枚の片面非球面の正レンズからなる第3レンズ群($grp3$)、絞り($grps$)、1枚の片面非球面の負レンズからなる第4レンズ群($grp4$)、1枚の正レンズからなる第5レンズ群($grp5$)、1枚の正レンズからなる第6レンズ群($grp6$)、1枚の両面非球面の正レンズからなる第7レンズ群($grp7$)より構成されている。

【0040】また、光学系の構成要素の位置関係は、紙面に平行で互いに直角をなすX軸、Y軸及び紙面に垂直なZ軸が示す3次元座標により表される。尚、同図の m 記号群は、各レンズの曲面を表している。また、回転角は時計回りを正とし、特にレンズの場合は第1面の面頂点を中心として回転している。これらの具体的なコンストラクションデータを以下に示す。

【0041】

0.0

m 4 __ 2 120. 430

2. 00000 1. 00000

【 0 0 4 8 】

〈 g r p 5 〉

第 1 面頂点…X5=3. 55479

Y5=-2. 85140

Z5=0. 00000

回転角…θ 5=24. 9736

〔 曲面の記号 〕 〔 曲率半径 c r 〕 〔 面間隔 t 〕 〔 d 線屈折率 N d 〕 〔 分散 ν d 〕

m 5 __ 1 343. 033

10. 0715 1. 62041 60. 2900

m 5 __ 2 -40. 3070

0. 00000 1. 00000

【 0 0 4 9 】

〈 g r p 6 〉

第 1 面頂点…X6=14. 0744

Y6=-7. 81086

Z6=0. 00000

回転角…θ 6=23. 6965

〔 曲面の記号 〕 〔 曲率半径 c r 〕 〔 面間隔 t 〕 〔 d 線屈折率 N d 〕 〔 分散 ν d 〕

m 6 __ 1 -300. 805

7. 00000 1. 62041 60. 2900

m 6 __ 2 -32. 3919

0. 00000 1. 00000

【 0 0 5 0 】

〈 g r p 7 〉

第 1 面頂点…X7=39. 9628

Y7=12. 9572

Z7=0. 00000

回転角…θ 7=63. 0969

〔 曲面の記号 〕 〔 曲率半径 c r 〕 〔 面間隔 t 〕 〔 d 線屈折率 N d 〕 〔 分散 ν d 〕

m 7 __ 1 34. 4571

13. 2270 1. 48479 70. 4400

m 7 __ 2 38. 2662

0. 00000 1. 00000

【 0 0 5 1 】

〔 面係数 〕

a 4

a 6 a 8 a 1 0

非球面 m 1 __ 1 3. 4 0 4 3 4 E - 0 6 - 1. 0 6 1 9 3 E - 0 9

- 1. 1 9 6 7 2 E - 1 3 2. 5 8 2 9 1 E - 1 8

非球面 m 1 __ 2 4. 22352E-06 -1. 14637E-09 9. 03502E-13 -4. 28219E-16

非球面 m 2 __ 1 1. 92590E-07 -2. 36251E-10 2. 05654E-13 -7. 48644E-17

非球面 m 3 __ 1 -5. 23005E-07 1. 01631E-09 -1. 33050E-12 9. 61069E-16

非球面 m 4 __ 1 -8. 48016E-06 -6. 91491E-09 -2. 80318E-11 6. 95203E-14

非球面 m 7 __ 1 3. 25227E-07 -8. 98208E-11 5. 81389E-14 9. 47093E-17

非球面 m 7 __ 2 3. 62810E-07 -2. 38756E-10 1. 89569E-13 -3. 94822E-16

【 0 0 5 2 】 上記コンストラクションデータより、1 次 であり、上記条件式 (2) を満たしている事が分かる。

像面と 2 次像面のなす角度の絶対値は、 また、

$|\theta_1 - \theta_0| = 5. 7 7$ $N f = 1. 4 8 7, \nu f = 7 0. 4 4$

Nb=1. 733, νn=28. 24

であり、上記条件式(3)～(6)を満たしている事が分かる。さらに、アナモ比は1. 000である。

【0053】図8は、本実施形態の光学系により得られる各評価ポイントでのd, g, c線のスポットダイアグラムである。図9は、同じく歪曲図であって、同図の実線はアナモ比を考慮した理想像位置であり、破線は実際の光線位置である。これらの図によると、点像の分布のばらつきも少なく、また、概ね理想に近い形状で投影される事が示されており、実用性は充分である事が分かる。

【0054】《第3の実施形態》図10は、本発明の第3の実施形態の光学系の内、投影レンズ群3c周辺の光路をX-Y面で描いた光路図である。同図に示すように、2次像面(像面)2の画像光は、投影レンズ群3cによって、図示しない1次像面(物面)1に斜めに拡大投影される。この場合、逆方向に縮小投影されとも良い。

【0055】投影レンズ群3cは、図11に示すよう

〈物面OBJ〉(1次像面1)
中心位置…X0=-1160
Y0=0.00000
Z0=0.00000
回転角…θ0=30
エリアサイズ…Ymax=400, Ymin=-400
Zmax=400, Zmin=-400
〈像面IMG〉(2次像面2)
中心位置…XI=84.2741
YI=-41.5221
ZI=0.00000
回転角…θI=32. 4562

【0058】

〈grp1_1〉
第1面面頂点…X1_1=-94. 9023
Y1_1=46. 1706
Z1_1=0. 00000
回転角…θ1_1=21.7834
〔曲面の記号〕〔曲率半径cr〕〔面間隔t〕〔d線屈折率Nd〕〔分散νd〕
m1_1 180.350
0.00000 1.64000 58.6100

【0059】

〈grp1_2〉
第1面面頂点…X1_2=-88.7229
Y1_2=43.6865
Z1_2=0.00000
回転角…θ1_2=20.4102
〔曲面の記号〕〔曲率半径cr〕〔面間隔t〕〔d線屈折率Nd〕〔分散νd〕
m1_2 45.5627
0.00000 1.00000

【0060】

に、拡大側より、レンズが2面とも拡大側に凸の形状であり、拡大側の曲率半径が縮小側の曲率半径より大きく、互いに偏心した軸対称非球面からなる第1レンズ群(grp1)、1枚の片面非球面の正レンズからなる第2レンズ群(grp2)、絞り(grps)、1枚の片面非球面の負レンズからなる第3レンズ群(grp3)、1枚の正レンズからなる第4レンズ群(grp4)、1枚の正レンズからなる第5レンズ群(grp5)、1枚の両面非球面の正レンズからなる第6レンズ群(grp6)より構成されている。

【0056】また、光学系の構成要素の位置関係は、紙面に平行で互いに直角をなすX軸、Y軸及び紙面に垂直なZ軸が示す3次元座標により表される。尚、同図のm記号群は、各レンズの曲面を表している。また、回転角は時計回りを正とし、特にレンズの場合は第1面の面頂点を中心として回転している。これらの具体的なコンストラクションデータを以下に示す。

【0057】

<g r p 2>
 第1 面頂点…X2=-34.9300
 Y2=6.33503
 Z2=0.00000
 回転角… θ 2=8.64336
 [曲面の記号] [曲率半径 c r] [面間隔 t] [d 線屈折率 N d] [分散 v d]
 m 2 __ 1 163.924
 6.48271 1.84666 23.8200
 m 2 __ 2 -253.062
 0.0
 0000 1.00000

【0061】

<g r p s> (絞り a p r)
 中心位置…X S=0.00000
 Y S=0.00000
 Z S=0.00000
 回転角… θ S=0.00000
 [曲面の記号] [曲率半径 c r] [面間隔 t] [d 線屈折率 N d] [絞り半径]
 (絞り a p r) ∞ 9.37033
 0.00000 1.00000

【0062】

<g r p 3>
 第1 面頂点…X3=3.98614
 Y3=-2.43622
 Z3=0.00000
 回転角… θ 3=17.9215
 [曲面の記号] [曲率半径 c r] [面間隔 t] [d 線屈折率 N d] [分散 v d]
 m 3 __ 1 -42.9306
 7.38698 1.84666 24.5100
 m 3 __ 2 112.103
 0.00000 1.00000

【0063】

<g r p 4>
 第1 面頂点…X4=10.8266
 Y4=-8.99673
 Z4=0.00000
 回転角… θ 4=19.1922
 [曲面の記号] [曲率半径 c r] [面間隔 t] [d 線屈折率 N d] [分散 v d]
 m 4 __ 1 348.555
 10.3189 1.62041 60.2900
 m 4 __ 2 -45.3048
 0.00000 1.00000

【0064】

<g r p 5>
 第1 面頂点…X5=23.0614
 Y5=-5.73616
 Z5=0.00000
 回転角… θ 5=15.5245
 [曲面の記号] [曲率半径 c r] [面間隔 t] [d 線屈折率 N d] [分散 v d]
 m 5 __ 1 -3272.68

		7.00000	1.62041	60.2900
m 5 __ 2	-37.1363			
		0.00000	1.00000	

【0065】

<g r p 6>

第1面頂点…X6=44.7786

Y6=15.6405

Z6=0.00000

回転角…θ 6=52.7078

〔曲面の記号〕〔曲率半径c r〕〔面間隔t〕〔d線屈折率N d〕〔分散ν d〕

m 6 __ 1	38.9681			
		10.4222	1.74950	50.0000
m 6 __ 2	38.9478			
		0.00000	1.00000	

【0066】

〔面係数〕

	a4	a6	a8	a10
非球面m 1 __ 1	3.02129E-06	-1.08565E-09	2.10924E-13	-1.59424E-17
非球面m 1 __ 2	3.48356E-06		3.71028E-10	
	-8.88328E-13	2.99176E-16		
非球面m 2 __ 1	-6.40672E-07		7.25692E-10	
	-9.25753E-13	4.49748E-16		
非球面m 3 __ 1	-4.21130E-06	-2.04360E-08	1.72658E-10	-4.83368E-13
非球面m 6 __ 1	9.85175E-07	-1.67872E-09	1.39183E-12	-3.84829E-16
非球面m 6 __ 2	1.85686E-07	-1.45423E-09	2.07828E-12	-1.16074E-15

【0067】上記コンストラクションデータより、1次像面と2次像面のなす角度の絶対値は、
 $|\theta_1 - \theta_0| = 2.46$
 であり、上記条件式(2)を満たしている事が分かる。
 また、

$Nf = 1.640$, $\nu f = 58.61$

$Nb = 1.847$, $\nu n = 24.51$

であり、上記条件式(3)～(6)を満たしている事が分かる。さらに、アナモ比は1.000である。

【0068】図12は、本実施形態の光学系により得られる各評価ポイントでのd, g, c線のスポットダイアグラムである。図13は、同じく歪曲図であって、同図の実線はアナモ比を考慮した理想像位置であり、破線は実際の光線位置である。これらの図によると、点像の分布のばらつきも少なく、また、概ね理想に近い形状で投影される事が示されており、実用性は充分である事が分かる。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、高画角、高倍率で斜め投影角度が充分であり、しかもレンズ径やレンズ群の全長を短くしてコンパクト化を達成した斜め投影光学系を提供する事ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態の光学系を示す模式図。

【図2】本発明の第1の実施形態の投影レンズ群周辺を描いた光路図。

【図3】本発明の第1の実施形態の投影レンズ群を示す模式図。

【図4】本発明の第1の実施形態の光学系のスポットダイアグラム。

【図5】本発明の第1の実施形態の光学系の歪曲図。

【図6】本発明の第2の実施形態の投影レンズ群周辺を描いた光路図。

【図7】本発明の第2の実施形態の投影レンズ群を示す模式図。

【図8】本発明の第2の実施形態の光学系のスポットダイアグラム。

【図9】本発明の第2の実施形態の光学系の歪曲図。

【図10】本発明の第3の実施形態の投影レンズ群周辺を描いた光路図。

【図11】本発明の第3の実施形態の投影レンズ群を示す模式図。

【図12】本発明の第3の実施形態の光学系のスポットダイアグラム。

【図13】本発明の第3の実施形態の光学系の歪曲図。

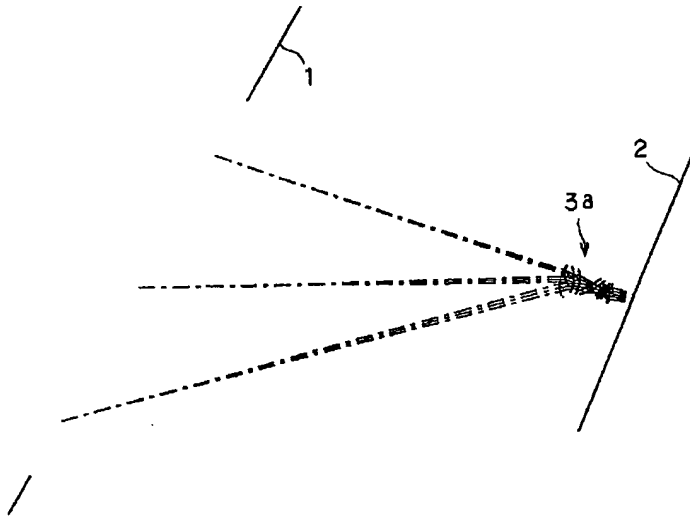
【符号の説明】

1 1次像面

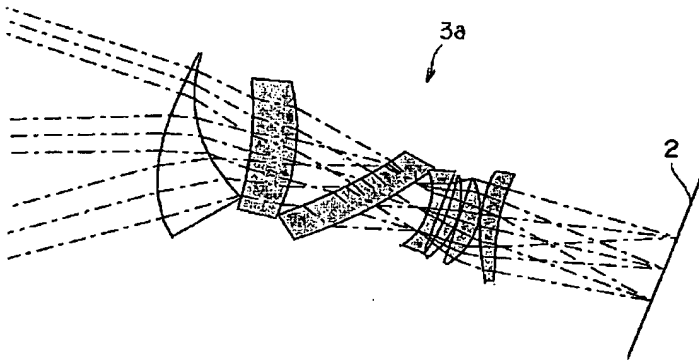
2 2次像面

3 a～3 c 投影レンズ群

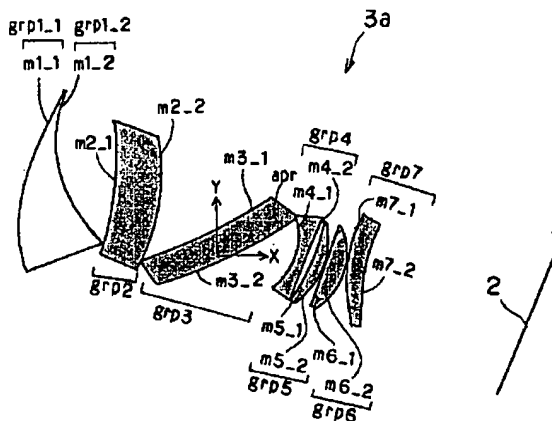
【図1】



【図2】

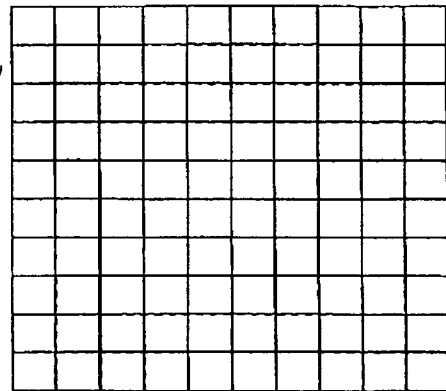


【図3】

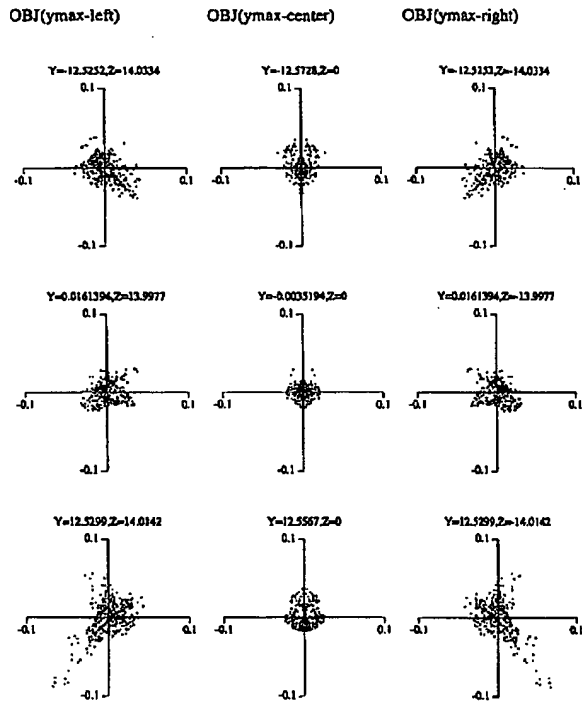


【図5】

CONST Anamo : 0.896626 = Scale x 4
Image plane Y-AXIS
-> Z-AXIS

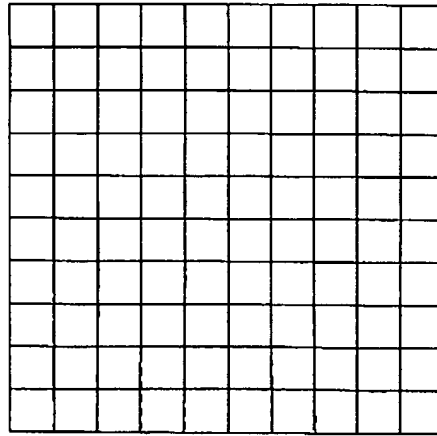


【図 4】



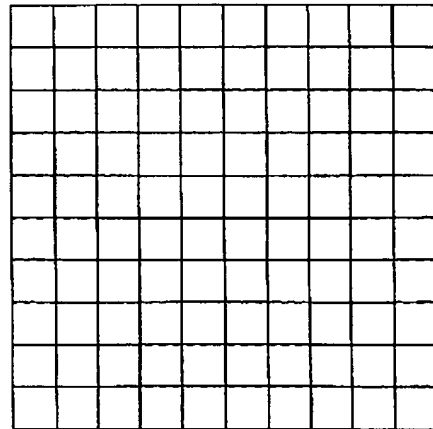
【図 9】

CONST Anamo : 1.00001 = Scale x 4
Image plane Y-AXIS
 -> Z-AXIS

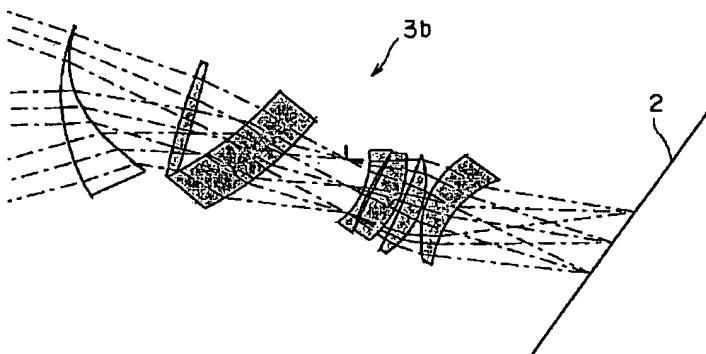


【図 13】

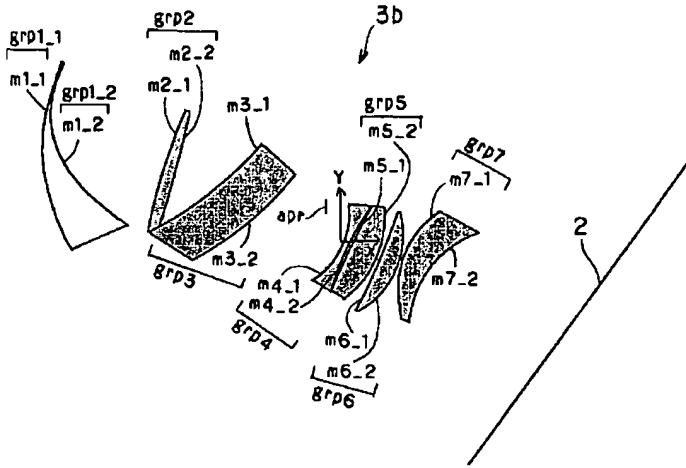
CONST Anamo : 1.00014 = Scale x 4
Image plane Y-AXIS
 -> Z-AXIS



【図 6】

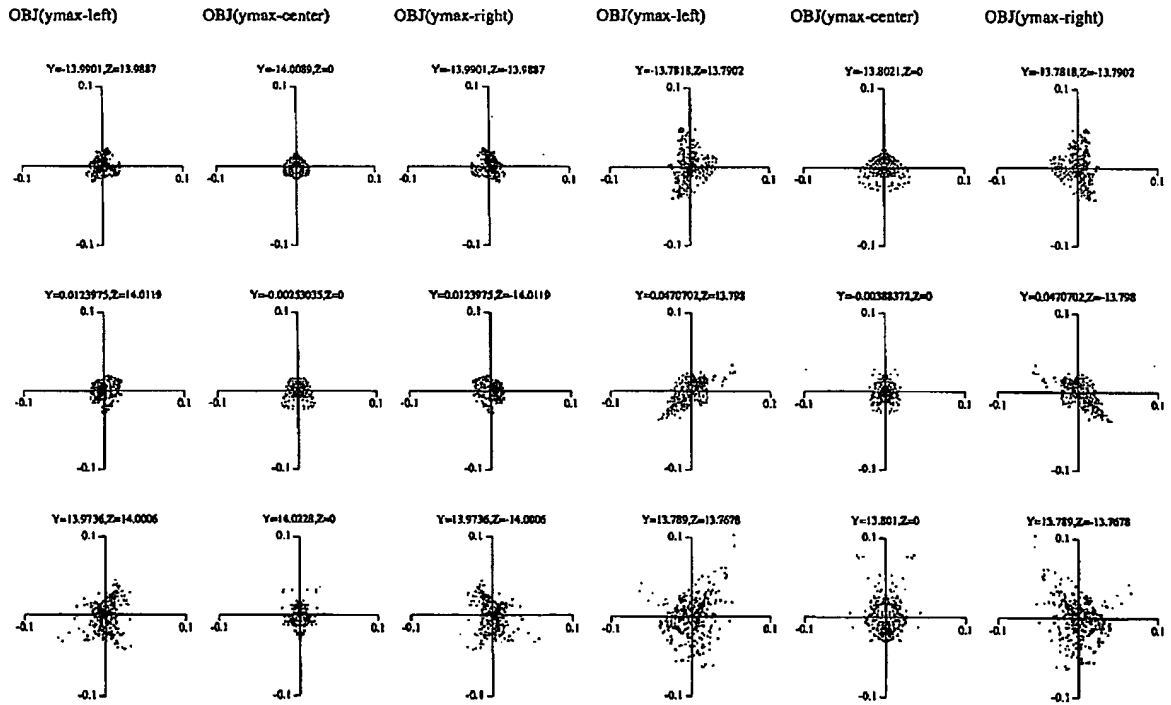


【図 7】

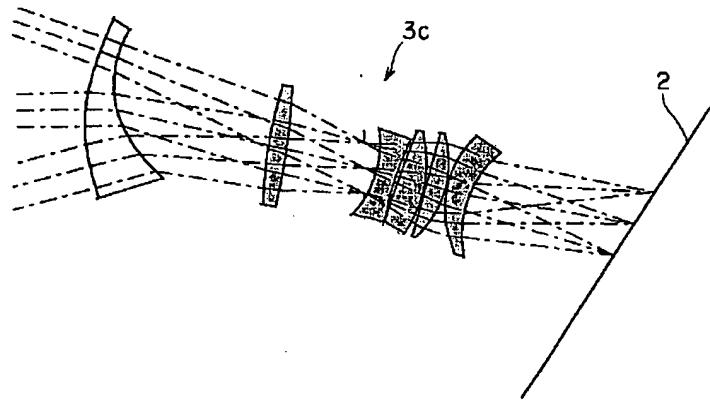


【図 8】

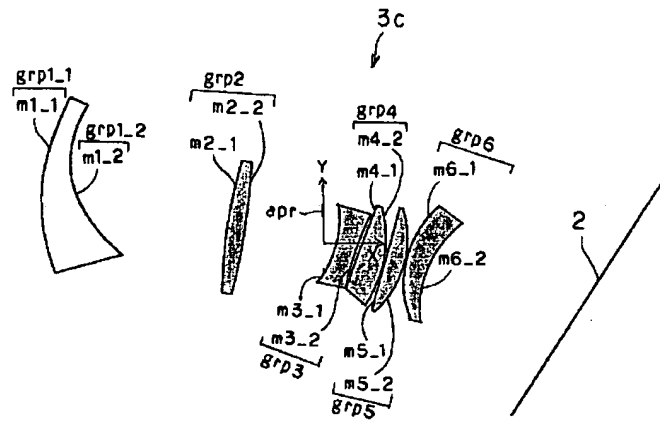
【図 12】



【図10】



【図11】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINE(S) OR MARK(S) ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.